

INVESTIGACIÓN DIDÁCTICA



DISEÑO CURRICULAR: INDAGACIÓN Y RAZONAMIENTO CON EL LENGUAJE DE LAS CIENCIAS

JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M.P.

**Departamento de Didáctica das Ciencias Experimentais. Facultade de Ciencias da Educación.
Universidade de Santiago de Compostela.**

SUMMARY

Several questions about what happens inside the classrooms are raised in terms of: Do students «talk science»? Do students reason using scientific thinking? How is it possible to design tasks and units to meet these goals? How can we investigate these performances? The inquiry perspective and its connection to science discourse, to reasoning as part of doing science are discussed with examples from a research project on argument.

EL DISEÑO CURRICULAR Y LA INVESTIGACIÓN DE AULA. ¿QUÉ PASA DENTRO DE LAS CLASES?

¿Qué pasa dentro de las clases? ¿Se aprenden ciencias, se habla de ciencias, se razona en términos científicos? ¿Cuándo ocurre todo esto y cuándo no?

¿Cómo podemos diseñar unidades de ciencias para lograr que ocurra? ¿Cómo podemos investigar si ha ocurrido?

Estas preguntas tienen relación con el diseño curricular, que es un punto de encuentro entre reflexiones de carácter teórico sobre los modelos de aprendizaje o la naturaleza de la ciencia, con la puesta en práctica de unas estrategias determinadas, y con la elaboración o utilización de unos materiales concretos. En un modelo de currículo abierto se asigna mayor responsabilidad a los profesores y profesoras que pueden tomar más decisiones sobre la elaboración o elección de su propio proyecto de centro, área o aula.

Nuestra perspectiva pretende lograr un equilibrio entre dos formas de enfrentarse a las reflexiones sobre el diseño que, nos parece, adolecen de ciertos sesgos: por un lado, la que asigna mayor peso a la lógica disciplinar (predominante en secundaria, pero que también se trasluce en algunos materiales y propuestas para los últimos cursos de primaria), sin atender a los problemas de aprendizaje; por otro, la que dirige su atención a cuestiones pedagógicas abstractas, descontextualizadas del aprendizaje concreto de un área o materia. En otras palabras, en esta ponencia se abordan, no rasgos generales del diseño curricular, sino su aplicación a la enseñanza de las ciencias experimentales.

En el currículo hay modelos de los que se parte, objetivos o fines que se desean lograr –los *¿para qué?*– y pasos a dar para alcanzarlos –los *¿cómo?* o *¿de qué modo?*–; es decir, en función de estos fines, se eligen los contenidos y estrategias. Objetivos, contenidos y estrategias se encarnan en la realidad como diferentes proyectos y materiales curriculares.

La relación entre diseño curricular e investigación educativa no ha sido siempre fluida. Para una parte de la comunidad académica, el diseño ha sido una cuestión a tratar por los técnicos, o por la administración o, en última instancia, por el profesorado, y, si participaba en él, era como una tarea al margen de la «investigación» que se realizaba sobre cuestiones que se podían definir con claridad, en las cuales había variables bien delimitadas y en las que podían realizarse estudios experimentales o casi experimentales. La atención al diseño curricular por parte de la investigación educativa como una de las cuestiones candentes es reciente y, en mi opinión, está relacionada con dos aspectos:

– Por un lado, la toma de conciencia de que la investigación de lo que podríamos llamar «productos», por ejemplo, ideas o creencias de los estudiantes, aprendizajes finales, aun siendo útil, sólo proporciona una imagen incompleta de lo que ocurre en las clases de ciencias (o de otras materias) y de los problemas de aprendizaje. También son necesarios estudios de lo que podemos llamar «procesos», cómo se aprende (o cómo no se aprende) una cosa. Mientras los primeros estudios pueden realizarse mediante pruebas o calas puntuales, los segundos requieren una observación y análisis continuados de secuencias completas de trabajo en el aula.

– Por otro lado, una de las cuestiones que puede iluminar los problemas de enseñanza y aprendizaje es lo que Duschl (1995a) llama la *continuidad del currículo*, es

decir, los cambios que tienen lugar del currículo diseñado al impartido y del impartido al aprendido.

En un artículo titulado «experimentos de diseño», Ann Brown (1992) discute que el diseño de unidades e intervenciones en el aula, su puesta en práctica, su evaluación, es uno de los desafíos más importantes que se plantean a la investigación educativa, superando el estudio de aprendizaje en situaciones de laboratorio. Pero, para ello, es conveniente diseñar intervenciones en el aula que tengan en cuenta que las clases son sistemas muy complejos, donde enseñanza, aprendizaje, evaluación, papel del docente y de los estudiantes, currículo, ambiente del aula interaccionan entre sí, y que, como indica Brown (1992), los componentes raramente pueden aislarse para estudiarlos de forma independiente. Tanto este artículo de Brown, en el que la autora da cuenta de su propia evolución desde estudios psicológicos muy delimitados a la «ruidosa confusión de las clases», como el editorial de Duschl (1994) en *Science Education*, indicando que hay pocos estudios en el aula, o el creciente número de trabajos sobre diseño presentados en congresos (Duschl y Gitomer, 1996, Anderson et al., 1996, Chambliss et al., 1996, Lehrer y Schauble, 1996) muestran el interés creciente por esta cuestión.

En este trabajo se propone una reflexión sobre el diseño curricular en ciencias y su vinculación con la investigación didáctica. En el segundo apartado se presenta la noción de *principios de diseño*, a partir de su definición en el proyecto SEPIA. En el tercero y cuarto apartados se discuten respectivamente la perspectiva de indagación y sus implicaciones para el diseño de la instrucción, y también la argumentación como uno de los aspectos que se pueden analizar en las clases de ciencias, con algunos ejemplos de nuestro propio trabajo. Finalmente se discuten las implicaciones de esta perspectiva para el diseño curricular y la investigación educativa.

PRINCIPIOS DE DISEÑO

Duschl y Gitomer (1996) denominan *principios de diseño* a las líneas maestras que ponen de manifiesto tanto lo que se pretende hacer en clase y con qué fines, como de qué modo se va a llevar a cabo. Coincidimos con Duschl (1995b) en que hay que substituir la idea de *impartir* el currículo o la instrucción por la de *utilizar* ambos para facilitar el aprendizaje; en otras palabras, hay que situar en primer lugar el fin que se pretende –aprendizaje significativo de las ciencias– y orientar el diseño curricular para responder a este fin. Como ejemplo de principios de diseño, se discuten a continuación los cinco del proyecto SEPIA (Duschl y Gitomer, 1996), para 6º de primaria en un marco de enseñanza de las ciencias como indagación (*inquiry*):

1. Identificar *problemas* para ser investigados denominados *auténticos*, conectados con la vida real. En la tabla I aparecen ejemplos de SEPIA, del proyecto de la Universidad de Michigan y de nuestro propio proyecto RODA (razonamiento, discusión y argumentación) de la USC.

2. Seleccionar objetivos conceptuales en número *limitado*, para facilitar su comprensión, su utilización en contextos de investigación. En otras palabras, seleccionar los conceptos sobre los que se trabaja, sobre los que se realizan actividades y que los y las estudiantes deberán apropiarse y utilizar en la resolución de los problemas. Esto significa prescindir de otros conceptos que sólo serían aprendidos como definiciones o términos. En la tabla II aparecen algunos ejemplos sobre las mismas unidades de la tabla I.

3. Promover la *variedad*: diseño de tareas a propósito para que se produzca una variedad de resultados, ideas, propuestas, productos de los estudiantes. Puede haber diferentes soluciones y propuestas, aunque algunas o alguna sea mejor. Esto permite escoger ejemplos que favorecen conversaciones, debates, argumentación: situaciones «enseñables». En la tabla II aparecen algunos ejemplos.

4. Criterios y propuestas *compartidos*: tanto los productos y propuestas de los estudiantes como los criterios

para evaluarlos son públicos, explícitos. Una de las estrategias de enseñanza es la «conversación de evaluación».

Ejemplo de criterios SEPIA (volcanes y terremotos): claridad, precisión, tener en cuenta diferentes explicaciones de un fenómeno; consistencia con las pruebas.

Ejemplo de criterios RODA (reflotar un submarino): relaciones entre magnitudes (dar nombre a la relación entre diferentes términos); consistencia entre la conclusión y los datos de los demás grupos; explicaciones alternativas (¿establece tu explicación algo que las otras no explican?).

5. Evaluación por *carpeta* (portfolio): El registro de lo realizado por cada estudiante en su carpeta, es decir, el conjunto de guiones de trabajo, actividades y productos, que será uno de los elementos esenciales en la evaluación. Esto permite conectar diferentes partes y actividades en una unidad, conexión que no resulta natural para el alumnado y que necesita un soporte estructural en el

Tabla I
Ejemplos de problemas conectados con situaciones reales (auténticos).

CUESTIÓN	PROBLEMA, TAREA	PROYECTO, NIVEL
Volcanes, terremotos	¿Existe riesgo de que haya una erupción volcánica o un terremoto en vuestra ciudad?	SEPIA 6º primaria
Flotación	Debéis construir un modelo (papel de aluminio) de barcaza que pueda transportar el máximo peso (carga) por el río sin hundirse.	SEPIA 6º primaria
Ácidos, bases, neutralización	Debéis identificar las seis soluciones desconocidas que han aparecido en el laboratorio de química de la escuela y organizar un dispositivo para neutralizarlas con objeto de que se puedan tirar por el fregadero sin riesgo.	SEPIA 6º primaria
Modelo de partículas	¿En cuál de los tres estados deben transportar agua los astronautas en un vuelo espacial? (Eichinger et al., 1991).	Michigan SU 5º primaria
Formación y degradación de suelos. Recursos naturales	¿Es conveniente prohibir por ley la edificación en suelo cultivable en Galicia? Completad el mapa de la zona proponiendo posibles usos de los suelos (Bañas et al., 1997).	RODA 3º secundaria
Células animales y vegetales	¿De qué ladrón son las células que tenéis en la muestra? (Díaz y Jiménez, 1997).	RODA Bachillerato
Flotación	¿Cómo se puede reflotar el submarino hundido junto a las islas Cíes? Debéis construir un modelo de submarino, hundirlo y reflotarlo (Bernal et al., 1997).	RODA Bachillerato

Tabla II
Ejemplos de conceptos y de variedad de productos.

CUESTIÓN / PROYECTO	CONCEPTOS (SELECCIÓN)	VARIEDAD DE IDEAS, PRODUCTOS
Volcanes SEPIA	Pruebas de existencia de volcanes: calor, lava, magma, erupciones, rocas ígneas	Distintas ideas sobre pruebas, causas de los volcanes
Modelo partículas Michigan SU	Materia, partículas, estados, sólido, líquido, gaseoso	Propuestas de transporte de agua líquida, sólida
Suelos RODA	Suelo como recurso, erosión, componentes, humus	Distintos mapas y propuestas de usos
Flotación RODA	Volumen, empuje, fuerza, peso gravedad, flotación	Distintas propuestas / modelos para reflotar un submarino

diseño. Así, en las conversaciones de evaluación, al preguntar sobre diferentes conceptos trabajados en la unidad, cada estudiante puede documentar sus interpretaciones con las anotaciones registradas en esta carpeta y los productos.

Ejemplos: (SEPIA, barcos) ¿Tienes alguna prueba de que lo más importante es la forma de la base del barco? (RODA, submarino) ¿Hay algún cambio físico cuando el submarino sube a la superficie desde el fondo? ¿Qué cambios hay que hacer para que suba? ¿Tienes alguna prueba?

Estos principios incluyen la elaboración de «productos», en el sentido de algo material: un modelo de barco o submarino, un mapa, un informe sobre las sustancias desconocidas, algo tangible sobre lo que se puede discutir, que puede ser evaluado.

A partir de los principios se concretan los objetivos de aprendizaje en cuanto expresión de las finalidades educativas que se pretenden y que, en consecuencia, tienen un papel director en el diseño curricular, recordando que deben dirigir la elección de contenidos y no al revés. Por ejemplo, no se trata de planificar una unidad sobre el reciclaje y luego elaborar una lista de objetivos que podemos alcanzar con ella, sino que el objetivo de fomentar las actitudes de conservación de recursos nos lleva a incluir una unidad sobre el reciclaje en nuestro programa. Un aspecto de la redacción (aunque indica incompreensión de lo que representan los objetivos) es la confusión entre los objetivos de aprendizaje y el contenido; por ejemplo, incluir como objetivos: «Las rocas. Tipos de rocas» en vez de algo así como «capacidad para distinguir entre rocas y minerales con sus propias palabras, y de identificar algunas rocas comunes de su localidad».

En resumen, como dice Duschl, se trata de planificar situaciones de aprendizaje que no sean «epistemológicamente planas», clases en las que ocurran cosas, en las que los niños y niñas discutan (a veces acaloradamente), en las que se planteen problemas que les resulten intriganes, que sean lo que Brown (1992) llama *comunidades de aprendizaje*.

LA PERSPECTIVA DE INDAGACIÓN: COGNICIÓN SITUADA Y PROBLEMAS AUTÉNTICOS

Los principios de diseño discutidos en el apartado anterior se inscriben en una perspectiva de indagación (en inglés *inquiry* o *enquiry*, que en ocasiones se ha traducido como «investigación»). El diseño curricular base –orientativo, no normativo– de Estados Unidos, *National Standards* (National Research Council 1996), también propone esta perspectiva: ¿Qué es la indagación? ¿Es una perspectiva de enseñanza o de aprendizaje?

En los *National Standards* se define la *indagación* como actividades que implican a los estudiantes en:

- realizar observaciones;
- plantear preguntas;
- examinar libros y otras fuentes;
- planificar investigaciones;
- revisar lo que se sabe a la luz de la evidencia experimental;
- recoger, analizar e interpretar datos;
- proponer preguntas, explicaciones y predicciones;
- comunicar resultados.

Las actividades de indagación requieren, entre otras destrezas: identificar suposiciones, utilizar el pensamiento lógico y crítico y considerar explicaciones alternativas.

La perspectiva de indagación no es nueva, sino que parte de propuestas realizadas por educadores como Dewey en los años treinta, y como Schwab en los sesenta, para la enseñanza de las ciencias (concretamente la biología). La relación entre indagación y descubrimiento se discute al final del apartado, pero es interesante abordar en primer lugar la asociación que algunos establecen entre indagación y manipulación. Sin embargo, ya en 1972, Connelly (1972) sitúa en un lugar preeminente la lógica de las ciencias, la forma de razonar. Connelly y otros (1977) conciben la indagación a tres niveles, o con tres significados:

- 1) Indagación como los procesos lógicos que se usan en el desarrollo y verificación del conocimiento.
- 2) Indagación como una forma (o modo) de aprendizaje.
- 3) Indagación como una metodología de instrucción.

Si nos fijamos en los dos últimos significados, los de mayor relevancia para el trabajo en el aula, según Connelly y otros, la indagación como modo de aprendizaje parte de una idea del estudiante como alguien que resuelve problemas, es decir, que formula hipótesis, construye aparatos o recoge datos, pero pretenden ir más allá, planteando la cuestión de cómo los estudiantes indagan, exploran las pautas de razonamiento científico. Este tipo de objetivos relacionados con la reflexión sobre el conocimiento son los que Duschl y Gitomer (1996) denominan *epistémicos*. Como indica Connelly (1972), el énfasis en estas pautas desarrolla la autonomía (el autor utiliza la palabra *libertad*) de los y las estudiantes respecto al conocimiento científico, en cuanto desarrolla la capacidad intelectual de informarse por sí mismos. En términos más empleados en los años noventa, podríamos hablar del pensamiento crítico, de la capacidad de emitir opiniones informadas sobre cuestiones científicas y tecnológicas.

En cuanto a la indagación como método de instrucción, estos autores siguen a Schwab en su propuesta de indagación sobre la indagación: son preguntas (problemas) planteados por el docente y una vez que los estudiantes responden, proponen una solución, elaboran un producto, son desafiados para que defiendan sus posturas; en otras palabras, tienen que discutir a partir de los datos. El papel del docente no es calificar las soluciones como «buenas» o «malas», sino solicitar aclaraciones, pedir rigor en la argumentación, promover la distinción entre lo que son meras opiniones y lo que son conclusiones a partir de datos, pruebas (o a partir de textos con autoridad científica, de datos de fuentes secundarias). Según los autores, en esta perspectiva de enseñanza, la profesora o profesor tiene menos autoridad sobre el *qué* y más sobre los criterios de argumentación y discusión empleados.

La denominación de objetivos epistémicos, hablar de la reflexión sobre la construcción del conocimiento científ-

fico por parte de los y las estudiantes de secundaria (o incluso de primaria) puede parecer una meta irrealizable, algo demasiado complejo para llevar a cabo en clases de ciencias sobre las que con frecuencia oímos quejas de que no se domina la terminología científica. Sin embargo, queremos subrayar que no se trata de introducir nuevos términos, sino de hacer explícitos los criterios por los que una solución, una interpretación o explicación, un modelo, una teoría es preferible a otras, bien sea en un contexto de historia de la ciencia, bien en el contexto de resolver problemas en clase. Así, por ejemplo: ¿Por qué ha sido adoptada la tectónica global como explicación del origen de las montañas? Pueden discutirse otras hipótesis o teorías orogénicas, como el enfriamiento y contracción de la Tierra y los aspectos que dejaban sin explicar. En clase, diferentes grupos pueden proponer distintas formas de reflotar un submarino y, al poner en práctica cada método con su modelo, unas demostrarán ser más eficaces que otras. Hablar en clase de la relación entre una hipótesis, de un modelo teórico y los datos, de las comprobaciones experimentales; de las modificaciones que experimentan los modelos teóricos o de cómo unas teorías han substituido a otras es parte de la reflexión sobre el conocimiento científico.

Aunque los fundamentos teóricos en que nos basamos para guiar estas discusiones sean sofisticadas teorías sobre filosofía de la ciencia, distinciones entre empirismo e historicismo, o entre realismo e idealismo, lo que pretendemos que aprendan los estudiantes no son estas distinciones, sino algo mucho más inmediato, pero en ocasiones olvidado: que no es lo mismo ciencia que las actividades pseudocientíficas; que, mientras la edafología es un campo científico, la astrología no lo es; que existen criterios para distinguir entre, por un lado, una búsqueda rigurosa de explicaciones sobre cómo funciona el mundo físico y natural, cómo funcionan las cosas (ciencias) y, por otro, lo que es simple credulidad, en el mejor de los casos, o engaño deliberado con fines lucrativos en el peor (pseudociencia). Como hemos discutido con detalle en otro lugar (Jiménez, 1996), aunque no hay una única característica o rasgo que defina el trabajo científico, sí es posible diferenciar el perfil conceptual o conjunto de características propias del mismo y que no presentan las pseudociencias. En un momento en que, según una reciente encuesta, el 75% de la población entre 15 y 29 años (y más de la mitad de los estudiantes universitarios) cree en los horóscopos y la astrología, el 31% en el espiritismo y el 46% en los curanderos, y en que las personas que realizan estas actividades, «adivinos» o astrólogos, cuentan con espacios permanentes en los medios de comunicación, parece urgente incorporar el debate explícito sobre lo que es científico y lo que no lo es a las clases de ciencias. En otras palabras, creemos que la discusión de los criterios para evaluar las explicaciones científicas –naturalmente a distinto nivel según las etapas educativas– forma parte de los objetivos de la alfabetización científica, ya que debería ser parte de la cultura científica de toda la población.

En la perspectiva de indagación, un aspecto al que se presta importancia es la resolución de problemas. De Bono (1972) propone conceptualizar los problemas como

maneras de «superar obstáculos», «abordar situaciones» o «hacer que ocurra algo» por parte de los niños y niñas. Algunos ejemplos que podrían sumarse a los indicados en el apartado anterior son:

- ¿Cómo construir una máquina para pesar un elefante?
- ¿Cómo mejorarías el cuerpo humano?
- ¿Cómo diseñarías una cama para ayudar a la gente que tiene insomnio?

Como dice de Bono, a los niños y niñas, les gusta pensar; disfrutan usando la mente igual que disfrutan usando el cuerpo al deslizarse por un tobogán. Hay que diseñar tareas que les den la oportunidad de hacerlo.

Estos problemas que se plantean al alumnado se denominan *auténticos*. ¿Qué significa esto? Se entiende por problema auténtico aquel que implica una situación (real o simulada) con la complejidad de la realidad y contextualizada en la vida cotidiana. Según Duschl y Gitomer (1996), la autenticidad de un problema tiene dos componentes: el primero, el contexto del problema y su relevancia para los estudiantes. Así, por ejemplo, si comparamos los ejemplos de la tabla I con las cuestiones habitualmente planteadas en los libros sobre los mismos temas (texto de 1º de BUP, 1983 o texto de 3º de secun-

daria, 1994), podría decirse que, siendo el tema (volcanes) el mismo, los estudiantes del proyecto SEPIA trabajan sobre un problema contextualizado a su ciudad, a su vida, un problema que para ellos es real, independientemente de que el riesgo de una erupción volcánica en Pittsburgh hubiese sido evaluado por especialistas con anterioridad. En cambio las preguntas habituales en los textos son de carácter general y su relevancia para los estudiantes –aunque exista– es difícil de percibir. Lo mismo podría decirse respecto al problema de reflotar un submarino hundido en la ría de Vigo: para las y los estudiantes, este problema es real y lo de menos es que el submarino esté hundido allí (como ocurre) o no. Que el docente aclare que el proyecto de reflotarlo es una simulación o juego, mientras que un problema equivalente (texto de 2º de BUP, 1991) no lo es en la misma medida. Otra cuestión es que sea posible transformar los problemas más frecuentes en libros y materiales por otros contextualizados y cualitativos en la línea que proponen Gil y otros (1991).

Un segundo componente de la autenticidad de los problemas, según Duschl y Gitomer, es el análisis de las pruebas o datos en la forma en que lo harían los científicos y científicas. Este componente, en nuestra opinión, se relaciona con lo que Brown, Collins y Duguid (1989) llaman la cultura de un dominio, sea éste una disciplina académica o una profesión, en nuestro caso la cultura

Tabla III
Argumentación y cultura escolar, 1º de BUP (Jiménez, Bugallo y Duschl, 1997).

TRANSCRIPCIÓN DE UN DIÁLOGO. GRUPO A (SEUDÓNIMOS)			CULTURA CIENTÍFICA / CULTURA ESCOLAR
Isa	(111.2)	– Yo sólo pienso que es variación hereditaria. Variación hereditaria.	Cultura científica
Rita	(112)	– ¿Y por qué se produce una variación hereditaria?	Cultura científica
Isa	(113)	– Es lo que trato de descubrir.	Incodificable
Rita	(114)	– Pero también nos dijeron [Inaudible] Primero nos dice una cosa y luego nos dice otra... Es que tú también...	Incodificable
Isa	(115.1)	– Es que... Atenderme; estamos hablando de los genes.	Tarea de clase
	(115.2)	– Y entonces, lo más seguro, si hablamos de los genes... para qué vamos a hablar de los huevos, que es alimentación.	Cultura escolar
	(115.3)	– Hablaremos de variación hereditaria, de los genes. Yo pondría eso en un examen.	Cultura escolar
Rita	(116)	– No.	Incodificable
Isa	(117)	– No voy a hablar de los huevos si estamos dando genética.	Cultura escolar

científica. Según Brown y otros, una de las razones de las dificultades experimentadas por los estudiantes para utilizar el conocimiento –por ejemplo, en la resolución de problemas nuevos, de situaciones distintas– es que se les pide que usen las herramientas de una disciplina sin que hayan adoptado su cultura. Consideran que las actividades escolares arquetípicas están enmarcadas no en la cultura científica, sino en la cultura escolar y que, a pesar del objetivo que teóricamente se propone la instrucción, muchas veces no producen un aprendizaje que pueda ser utilizado –transferido– a otros contextos; por el contrario, las actividades que llaman auténticas están enmarcadas en la cultura de los auténticos profesionales (en nuestro caso, la comunidad científica). En nuestra opinión, una parte de esta cultura sería el análisis de las pruebas o datos en relación con las hipótesis o teorías, relación que se discute con más detalle en el siguiente apartado al hablar de la argumentación.

En la tabla III se reproduce un fragmento de la discusión de un grupo de cuatro alumnas que puede ilustrar lo que es la cultura escolar.

Se les había pedido que explicasen la causa por la que los pollitos de la granja «La gallina feliz», situada en su pueblo, nacen amarillos, en vez de pardos y con manchas, como son los de la misma familia que viven en estado silvestre (Jiménez, Bugallo y Duschl, 1997). Antes habían discutido otras hipótesis, como el efecto del pienso de la granja frente a la comida natural del campo. Isa (en 115) propone un argumento para elegir la hipótesis de variación hereditaria que no tiene relación con los datos o teorías científicos, sino con la cultura escolar y que en resumen es: si estamos estudiando genética, la respuesta a esta cuestión tendrá que ver con los genes, no con la comida u otra cosa. Es decir, no se trata de que haya llegado a la conclusión de que esa hipótesis es mejor, sino más bien que cree que es lo que la profesora espera que conteste.

Las implicaciones de esta distinción entre cultura escolar y cultura científica para el diseño curricular son, siguiendo a Brown y otros (1989), que es necesario planificar una formación en la cultura científica, una inmersión semejante a la que experimentan los aprendices de un oficio trabajando junto a personas expertas hasta llegar a dominar su lenguaje, comportamiento, supuestos, etc. Diseñar actividades de instrucción insertadas en situaciones familiares hace ver a los estudiantes la utilidad de ese conocimiento; favorecer la generación de sus propias (y diferentes) vías de solución ayuda a convertirlos en miembros de la cultura de quienes resuelven problemas en ciencias. Brown y otros, han expresado esto hablando de *cognición situada* o, en otras palabras, de que el conocimiento conceptual no puede abstraerse de las situaciones en las que se aprende y en las que se utiliza.

El diseño curricular de ciencias y su fundamentación ha dado lugar a diferentes polémicas. Una reciente es la que tiene que ver con la cuestión de qué aspectos o formas de la indagación científica están al alcance de los niños y niñas y se ha originado a partir de un artículo de Kathleen

Metz (1995) en el que criticaba algunos supuestos sobre las capacidades de razonamiento de los niños y niñas (particularmente en primaria) y las limitaciones que estos supuestos, atribuidos a Piaget, establecen en los currículos de ciencias, dando lugar a tareas de carácter «concreto» limitadas a observar, ordenar o categorizar. Para Metz estos supuestos son inadecuados y subestiman las capacidades de los niños, pues ni los trabajos de Piaget ni otros estudios de psicología cognitiva los sustentan. Propone que estos procesos y tareas concretos sean empleados en el currículo no como fines, sino como herramientas en indagaciones contextualizadas y auténticas, ya que, opina, los niños pueden realizar experimentos aunque no hayan alcanzado la etapa de las operaciones formales:

«Implicar a los niños y niñas en una experimentación más completa y dirigida a un fin, durante la cual identifiquen y manipulen variables para explorar la causalidad, con el propósito de resolver un problema de *ingeniería* o de comprender un fenómeno» (Metz, 1995, pp. 98-99).

Deanna Kuhn (1997), investigadora que, desde la psicología cognitiva, ha realizado notables aportaciones al estudio del razonamiento científico por parte de los estudiantes, discute algunas de las críticas de Metz, señalando que habría que considerar la psicología del desarrollo como mojones o postes indicadores más que como límites impuestos a los currículos de ciencias. En su respuesta, Metz (1997) se muestra de acuerdo con el importante papel de los estudios de psicología cognitiva, insistiendo en que no cabe confundir lo que es un conocimiento deficiente con insuficiente desarrollo cognitivo. La relación entre el desarrollo cognitivo y el conocimiento en ciencias, y hasta qué punto los problemas de aprendizaje pueden atribuirse al primero ha sido tratada con detalle en nuestro país por Pozo (1987). En todo caso parece claro que esta relación es compleja y que no caben planteamientos simplistas ante la misma.

Quizá sea de interés discutir qué relación hay entre indagación e investigación, por una parte, y entre indagación y descubrimiento, por otra. En cuanto a las primeras, entendemos que una cosa es hablar de promover las actividades y actitudes de investigación en el aula, y otra cosa, confundir las indagaciones que puedan realizar los estudiantes con la investigación científica. Y no porque la investigación sea una actividad «extraordinaria», pues en los últimos tiempos trabajos en sociología de la ciencia como el de Latour y Woolgar (1995) han contribuido a la desmitificación de la ciencia, poniendo en evidencia la parte que tiene de construcción social. Las tareas de investigación pueden combinar instantes de enorme creatividad (el establecimiento del modelo de estructura del ADN por Watson y Crick) y largos períodos de rutina (las tediosas extracciones a partir de cerebros de ovejas que llevaron a la caracterización del TRF por el equipo de Guillemin, descritas por Latour y Woolgar), y sería engañoso transmitir en clase una imagen que reflejase sólo los primeros. Por otra parte, la investigación pretende encontrar soluciones a problemas nuevos como el SIDA o el uso de fuentes de energía

que no generen problemas ambientales, soluciones desconocidas, mientras que en clase suele trabajarse sobre problemas de los que el docente conoce la solución. Cuando se dice que la perspectiva de indagación trata de que las y los estudiantes adopten la cultura científica es más bien desde la perspectiva de proponer problemas abiertos y menos definidos (como se dan en situaciones reales), que permitan negociar significados (al admitir más de una solución) y construir conocimientos en interacción social (por contraste con recibir significados y conceptos definidos).

El que algunas propuestas de indagación guarden semejanzas con el descubrimiento (especialmente con el dirigido) no tiene nada de extraño, pues puede considerarse el descubrimiento como una de las lecturas que se hizo de la indagación. En nuestra opinión, la indagación recoge los aspectos más positivos de las propuestas de descubrimiento, como promover un papel activo de los estudiantes, considerarlos protagonistas del aprendizaje, proponer actividades motivadoras que despierten su interés. Creemos que los estudios sobre ideas alternativas, tan numerosos en la década pasada, permitirán corregir algunos errores de la perspectiva de descubrimiento, como la falta de atención a los contenidos conceptuales o no tener en cuenta el papel del docente como guía de la instrucción. Lo importante, más que la discusión sobre una u otra denominación, es el pequeño avance que cada perspectiva permite en nuestra comprensión sobre lo que ocurre en las clases de ciencias.

RAZONAMIENTO Y ARGUMENTACIÓN: EL DISCURSO DE LAS CIENCIAS

¿Se habla de ciencias en clase? ¿Se razona en términos científicos?

En el apartado anterior, al discutir la indagación como método de instrucción, se ha hecho referencia al análisis de las pruebas o datos en relación con las hipótesis y con las conclusiones. La forma en que se relacionan las comprobaciones experimentales con los modelos teóricos es un aspecto esencial de la construcción del conocimiento científico, del razonamiento científico. Se dice en ocasiones que lo que diferencia la filosofía (incluyendo la llamada «filosofía natural») desde los griegos, es que se basa en una forma de argumentar y no en opiniones dogmáticas. En ese sentido, la discusión explícita en el aula de los criterios por los que una hipótesis es preferible a otra, de la relación entre la comprobación experimental, de los datos y la solución propuesta para un problema, es una parte importante de la adopción por parte del alumnado de la cultura científica.

Así, el criterio que empleamos para decir que las y los estudiantes están «hablando de ciencias», que están comunicándose en el «lenguaje científico» es, no el mero empleo de un léxico específico (en ocasiones no comprendido), de términos propios de cada disciplina, sino la utilización de una forma de razonar propia de las ciencias. En nuestro caso nos fijamos particularmente en

la argumentación, tal como ha sido definida por autores como Toulmin (1958) y Kuhn (1993).

La perspectiva que contempla el aprendizaje de las ciencias como argumentación pretende superar una forma de entender este aprendizaje sesgada hacia la exploración (Kuhn 1993); en ella el aprendizaje de las ciencias tiene como objetivos, no sólo aprender contenidos científicos, sino equipar a las y los estudiantes con la capacidad de razonar acerca de cuestiones y problemas científicos.

En el proyecto RODA, llevado a cabo en la USC, se pretende analizar el desarrollo de la capacidad de las y los estudiantes de secundaria para argumentar y evaluar este razonamiento. En nuestra opinión, esta capacidad tiene relación con el diseño de situaciones de aprendizaje en las que ocupa un papel central la elección entre hipótesis, teorías, explicaciones o soluciones a un problema; la discusión de las razones, los criterios por los que una solución o una hipótesis es preferible a otras. De esta forma se intenta incorporar a las clases de ciencias una perspectiva filosófica que considera esta elección entre teorías esencial en la construcción del conocimiento científico (Giere, 1988; Duschl, 1997). Para Giere, el razonamiento científico debe entenderse más como un proceso de elección entre teorías que compiten que como un proceso de inferencia y ha propuesto un esquema para la evaluación de teorías que implica poner éstas en forma de argumento.

Al decir que en este estudio el diseño curricular y la investigación están estrechamente vinculados, lo que se pretende poner de manifiesto es que, para que tenga lugar la argumentación en clase, es necesario diseñar y poner en práctica actividades o unidades estructuradas en torno a la resolución de problemas. Es difícil que haya discusión sobre cuestiones de ciencias, argumentación, que «se hable de ciencias» en clases donde hay poca o ninguna interacción entre los estudiantes, en las que las oportunidades para resolver problemas auténticos, contextualizados o para discutir cuestiones de ciencias relevantes para el alumnado son escasas. En otras palabras, para poder analizar la forma en que los estudiantes de secundaria desarrollan argumentos, hay que crear ambientes de aprendizaje en los que se demande al alumnado que resuelva problemas, que compare las soluciones dadas por distintos equipos, que justifique sus opciones.

La construcción y revisión de teorías, modelos e hipótesis se considera también central para el desarrollo cognitivo. Kuhn, García-Milá, Zohar y Andersen (1995) tratan la cuestión de la coordinación entre teorías y pruebas en un estudio sobre las estrategias de adquisición del conocimiento, indicando que en el aprendizaje, como sucede en el desarrollo del conocimiento científico, las creencias teóricas dan forma a las pruebas y los sujetos extraen conclusiones casi desde el principio, sobre las bases de muy pocos (o ningún) datos. Para Kuhn y otros, uno de los pasos en el desarrollo de esta coordinación entre teorías y pruebas es la distinción entre justificaciones basadas en la teoría y justificaciones basadas en pruebas.

De una revisión de la literatura puede apreciarse, pues, que tanto algunas corrientes en filosofía de la ciencia como algunos investigadores en psicología cognitiva comparten el interés en la forma en que las personas (como las y los estudiantes de ciencias) razonan acerca de cómo solucionan problemas, acerca de cómo escogen una u otra opción, una u otra hipótesis. Otra perspectiva que contribuye a nuestra comprensión de estos procesos es la de la sociología de la ciencia, ya que, como dicen Kelly, Drucker y Chen (1996), estos estudios han mostrado que la experimentación implica no sólo derivar teorías de las comprobaciones empíricas. Los estudios sociológicos como el de Latour y Woolgar (1995) ponen de manifiesto el papel de los procesos discursivos en el

establecimiento de hechos científicos. Estos autores, analizando la caracterización del TRF (factor de liberación de la tirotropina) en el Instituto Salk, centran su interés en la construcción social del conocimiento científico, en los procesos mediante los que los integrantes de la comunidad científica dan sentido a sus observaciones. Para Latour y Woolgar, lo que hacen los científicos es intentar poner orden en un conjunto desordenado de observaciones, y uno de los aspectos al que prestan mayor atención es la construcción (y destrucción) de hechos en las conversaciones y discusiones, es decir, las operaciones por las que un enunciado hipotético pasa a convertirse en un enunciado que ya no se pone en duda, a constituirse en un hecho. Una de las operaciones

Tabla IV
Componentes del modelo de Toulmin (siguiendo a Kelly y otros [1996], ampliado y modificado). Ejemplos del proyecto RODA, USC.

COMPONENTE	DEFINICIÓN	EJEMPLO
Dato A. dato suministrado DS B. dato obtenido – dato empírico DE – dato hipotético DH	«Hechos» a los que se alude como base para la conclusión	Los pollitos de granja son amarillos. (DS) «Son todas (las células) del mismo tipo.» (DE)
Enunciado A. Hipótesis H C. Conclusión C Oposición O	Enunciado más o menos hipotético cuya validez se quiere establecer Enunciado que cuestiona la validez de otro	«Serán células del epitelio.» (H) «Esto es un vegetal, ¡chaval!» (C) «No es una mutación.» (O)
Justificación J	Enunciado general que justifica la conexión entre dato y conclusión «Si te tiñes el pelo de amarillo, tus hijos no nacerían con el pelo amarillo.»	«Pero tenía la cosa verde.» «Si tuviese sangre, sería rojo.»
Conocimiento básico B	Conocimiento de carácter teórico que ejerce como respaldo a la justificación (puede proceder de distintas fuentes: docente, libro, guión, elaboración propia)	«Eso sería si la teoría de Lamarck fuese cierta, pero como es con hemoglobina...»
Calificador modal M	Especifica condiciones para la hipótesis o conclusión	«Pero con el tiempo sí.» («El pollo se vuelve amarillo.»)
Refutación R	Especifica condiciones para descartar la hipótesis o conclusión	«No, no, si no son dominantes.» (Efecto de los genes en el color.)

materiales para crear orden es la escritura, el registro de datos, que Latour y Woolgar denominan *inscripción*. También los estudiantes, cuando resuelven problemas en el laboratorio o el aula trabajando en grupo, discuten, registran datos, tratan de poner orden en lo que aparece como una serie de observaciones desordenadas. Y, por supuesto, lo que hacemos las personas que intentamos estudiar los procesos de aprendizaje de las ciencias en clase es también tratar de identificar unas señales en medio de un ruido ensordecedor, tratar de registrar estas señales como inscripción, tratar de encontrar unas pautas, un orden en medio de esta confusión aparente, expresado mediante enunciados más o menos hipotéticos.

Cuando las y los estudiantes están discutiendo sobre un problema de ciencias, cuando desarrollan un argumento, están, al menos hasta cierto punto, «hablando de ciencias», decimos que están participando en el *discurso* de las ciencias. Utilizamos *discurso* aquí en el sentido en el que lo define Lemke (1990), no sólo como lenguaje, sino como el «lenguaje-en-uso» en una comunidad determinada, ya que el lenguaje, además de vocabulario y gramática, es un sistema de recursos para crear signifi-

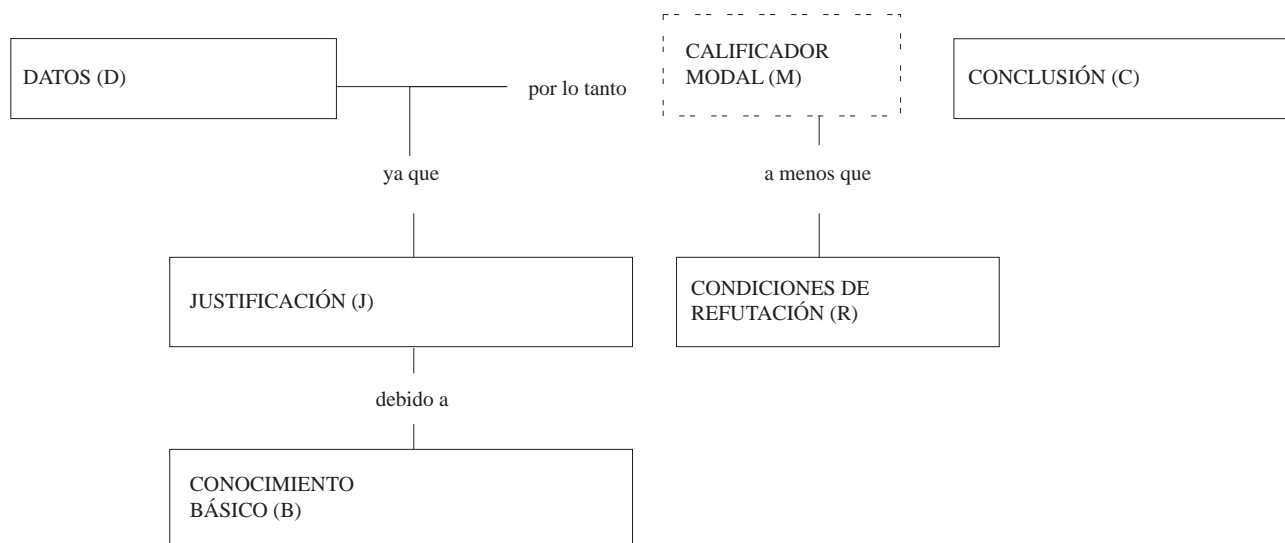
cados, una semántica. Para este autor, hablar de ciencias, más que «hablar sobre ciencias» significa hacer ciencias por medio del lenguaje e implica observar, describir, comparar, clasificar, discutir, preguntar, elaborar hipótesis, diseñar experimentos, evaluar, comunicar resultados a otras personas, etc. Como indica Lemke, y otros autores han puesto de manifiesto anteriormente (Osborne y Freyberg, 1991), un problema importante en las clases de ciencias es la falta de comunicación: en ocasiones docentes y estudiantes asignan (construyen) diferentes significados a una misma palabra; en otros casos, lo que cuenta como prueba, lo que cuenta como dato, lo que cuenta como explicación, no es percibido de la misma forma. Ignorar estos fallos en la comunicación puede agravar el problema, y un paso hacia su solución es tratar de documentarlos.

Al analizar los procesos de comunicación en clase, resulta útil tener en cuenta la opinión de Lemke de que llegar a dominar el campo de las ciencias es, en gran medida, dominar su forma especializada de utilizar el lenguaje: las relaciones entre significados científicos y cómo estas relaciones se estructuran formando lo que llama *pautas temáticas*. Lo que ocurre es que, mientras

Tabla V
Ejemplo de argumentación (de Jiménez, Bugallo y Duschl, 1997).

TRANSCRIPCIÓN DE UN DIÁLOGO. GRUPO A (SEUDÓNIMOS)	ARGUMENTACIÓN	CULTURA CIENTÍFICA CULTURA ESCOLAR
Rosa (133) – Y no será el color de la granja, se lo pusieron para que fueran más bonitos.	Hipótesis	Cultura científica: analogía
Isa (134.1) – A ver, mira, y, entonces, que les echaron pigmento (134.2) – Y si les echaron pigmento, ¿por qué le salieron los hijos también todos pintados? (134.3) – No tiene sentido.	Oposición (a 133) (pide) justific. Oposición	
Rita (135) – O sea, ¿tú ahora te tiñes el pelo de color amarillo, y tus hijos nacen con el pelo amarillo?	Justificación	Cultura científica: apelar a la consistencia
Bea (136) – No. Teñirse el pelo amarillo. Ella es rubia. Rita (137.1) – Eso sería si la teoría de Lamarck fuese cierta, (137.2) pero como no es cierta.	Oposición Conocimiento básico	Cultura científica: deducción Cultura escolar: apela a la autoridad (libro)

Figura 1
Esquema de Toulmin.



los conceptos y las definiciones se enseñan explícitamente, no se enseña de la misma forma cómo hablar en ciencias, cómo utilizar este discurso especializado de las ciencias, cómo argumentar o escribir de ciencias. Para aprender este discurso, igual que ocurre con otros lenguajes, es necesario practicarlo.

Uno de los métodos de estudio de este discurso es el análisis de la argumentación en las discusiones del alumnado. En el proyecto RODA de la USC tratamos de estudiar esta argumentación grabando las discusiones de pequeños grupos que resuelven problemas o trabajan en el laboratorio en situaciones diseñadas conforme a los principios expuestos más arriba. Hay muchos aspectos de estas discusiones que pueden ser analizados; por ejemplo, además de la argumentación, manifestaciones de la «cultura científica» o, por el contrario, de la «cultura escolar», para lo cual es necesario registrar no sólo lo que dicen (por medio de magnetofones) sino también lo que hacen (por medio de cámaras de vídeo).

El modelo teórico que se utiliza como marco de análisis de la argumentación es el de Toulmin (1958), autor del esquema que se reproduce en la figura 1. En la tabla IV se resume la propuesta que hacemos sobre sus componentes y que comprende los siguientes: 1) *Datos*, en los que, en una clasificación modificada a partir de Kelly y otros (1996), hemos distinguido entre datos suministrados y obtenidos y, dentro de éstos, entre empíricos (por ejemplo, los que proceden de una experiencia en el laboratorio) e hipotéticos. 2) *Enunciados*, en los que hemos distinguido entre hipótesis (más condicionales) y conclusiones; los enunciados (de cualquiera de los dos tipos) que cuestionan la validez de otros se han denominado, siguiendo a Pontecorvo y Girardet (1993), *oposi-*

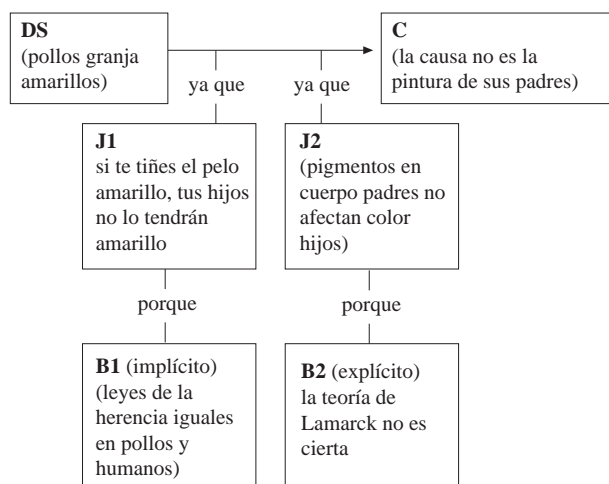
ción. 3) *Justificaciones* específicas para la argumentación. 4) *Conocimiento básico*, de carácter más general. A estos cuatro componentes se agregan, en algunos casos, *Calificadores modales* y *Refutación*. En la argumentación, estos componentes pueden estar todos explícitos o haber algunos que estén implícitos.

En la tabla V se reproduce un fragmento de la discusión del mismo grupo de alumnas analizado en la tabla III, en el que se desarrolla una argumentación sobre la causa del color amarillo de los pollitos de granja.

Rosa, en la intervención 133, ha sugerido una hipótesis: que los granjeros tiñen de amarillo a los pollos. A esto, Isa (134) replica que el color de la descendencia no tiene relación con un tinte que se utilice en los padres. Rita (135) contribuye a la construcción de este argumento, apelando a la consistencia con lo que ocurre en la especie humana y, en 137, relaciona esta posibilidad con la teoría de Lamarck (que había sido discutida en clase en una sesión anterior). El argumento de las líneas 135-137 se representa, siguiendo el esquema de Toulmin, en la figura 2.

En el fragmento reproducido en la tabla V, los datos son de carácter hipotético, mientras que en otros fragmentos que aparecen en los ejemplos de la tabla IV, se trata de datos empíricos, procedentes en este caso de la observación a través del microscopio (Jiménez y Díaz, 1997). También se sitúan en ese contexto empírico las justificaciones acerca de si son células animales o vegetales, del tipo «tenía la cosa verde» (en referencia a la clorofila), o «si tuviese sangre sería rojo». Como se discute en este trabajo de Jiménez y Díaz, las y los estudiantes que trataban de identificar una muestra desconocida obser-

Figura 2
Ejemplo de argumentación (los implícitos están entre paréntesis)
de Jiménez, Bugallo y Dusch, 1997).



vándola con el microscopio estaban, prácticamente durante todo el tiempo que duraba la sesión, «hablando de ciencias» en el sentido que dábamos antes a esta expresión, es decir, participando del discurso de las ciencias, entendido en sentido amplio.

En resumen, el análisis de estos diálogos y discusiones en clase pretende explorar la forma en que los estudiantes relacionan diferentes componentes de un razonamiento científico, qué justificaciones emplean (si las emplean) para llegar a conclusiones, si estas justificaciones se apoyan en conocimientos básicos o no y, más aún, qué tiene la consideración de dato, de hipótesis o conclusión, de justificación—en otras palabras, qué cuenta como cada uno de estos componentes. El análisis de estos procesos pretende una mejor comprensión de cómo se aprenden ciencias, de cómo se llega a adoptar la cultura científica.

EXPLORAR LA COMPLEJIDAD DE LAS CLASES, UN DESAFÍO PARA LA INVESTIGACIÓN EDUCATIVA

Al comienzo de este trabajo se preguntaba qué ocurre dentro de las clases, si en ellas se razona en términos científicos. En las páginas anteriores se trata, de forma necesariamente resumida, una parte de la fundamentación teórica que guía nuestro estudio sobre la argumentación. No se pretende en este trabajo discutir si las estrategias de indagación son mejores que otras y en qué casos; en otro lugar (Jiménez y Díaz, 1997) se analizan

sesiones de laboratorio en las que se resuelven problemas en un marco de indagación, discutiendo aspectos como la mayor implicación en la tarea o la complejidad en la argumentación. Al ser este tipo de investigación de carácter cualitativo y basada en estudios de caso, son poco significativas las comparaciones con otras clases en las que se siguen diferentes estrategias.

Si prestamos atención a los aspectos de diseño curricular, no es, pues, para demostrar que el que está guiado por la perspectiva de indagación consigue mejores resultados—en todo caso habría que precisar en qué aspectos y en qué contexto y que puede pretender diferentes objetivos—, sino porque el tipo de procesos, discusiones, argumentaciones que nos interesa estudiar no ocurren con frecuencia en las clases de ciencias (o algunos procesos tienen lugar en la mente del alumnado, sin llegar a ser explícitos). Para estudiar el razonamiento hay que plantearles problemas que lleven a razonar. Con el fin de analizar cómo relacionan los datos con las conclusiones hay que proponer cuestiones o experiencias en las que puedan encontrar datos y en las que las conclusiones no sean obvias desde el principio; para explorar si adoptan o no la cultura científica hay que diseñar situaciones que respondan a esta cultura, y no a los estereotipos de la cultura escolar. Por ello estamos de acuerdo con Ann Brown (1992) en vincular la investigación educativa y el diseño de situaciones de aprendizaje. En todo caso lo único que podría mostrarse—y no sería poco— es que, en ambientes de aprendizaje adecuados, las y los adolescentes son capaces de razonar en términos científicos, de argumentar; con actividades y problemas diseñados con este objetivo se podría mejorar el desarrollo de esta capacidad.

Quizá haya alguna persona que, llegado este punto, se pregunte si hay alguna relación entre las cuestiones que se discuten en este artículo y la perspectiva constructivista, tan debatida en la última década. Como ya he discutido con detalle en otro trabajo (Jiménez, 1996), creo que diferentes perspectivas educativas aportan puntos de vista que pueden enriquecer nuestra comprensión de lo que ocurre en las clases de ciencias, que pueden enriquecer nuestra comprensión de lo que ocurre en las clases de ciencias que pueden ayudarnos a plantear preguntas mejores, más que darnos «la respuesta» «la solución» ya que, además, debido a la variedad de contextos educativos es difícil que haya soluciones únicas. Sí, es positivo poder recurrir a distintos modelos y estrategias. La perspectiva constructivista y los estudios sobre ideas del alumnado han hecho que fijemos nuestra atención en las interpretaciones de las y los estudiantes, en cómo construyen o reconstruyen el conocimiento; en este artículo se habla de aspectos dinámicos de las interpretaciones del mundo físico y natural, de cómo utilizan esas ideas. Este tipo de análisis, estrechamente vinculado a un diseño curricular encaminado a que en las clases se razone, se argumente, se «hable ciencias» es una herramienta más en la tarea de ir identificando algunos hilos en la enrevesada trama de las clases. Quizá, cuando sepamos más, el diseño curricular nos permitirá tejer con esos hilos dibujos que sean hermosos y que tengan significado.

AGRADECIMIENTOS

La autora agradece a la DGICYT la financiación del proyecto PB 94-0629 del que este trabajo forma parte.

NOTA

* Ponencia presentada en el V Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias (Murcia, 10 a 13 de septiembre de 1997).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON, C.W., KURTH, L. y PALINCSAR, A.M. (1996). *Design Principles for collaborative problem-solving in Science*. Paper presented at the annual meeting of AERA. Nueva York, abril, 1996.
- BERNAL, M., ÁLVAREZ, V., GARCÍA-RODEJA, E. y JIMÉNEZ, M.P. (1997). *Destrezas argumentativas en física: un estudio de caso utilizando problemas sobre flotación*. V Congreso de Investigación en Didáctica de Ciencias. Murcia, septiembre de 1997.
- BLOOME, D., PURO, P. y THEODOROU, E. (1989). Procedural display and classroom lessons. *Curriculum Inquiry*, 19, pp. 265-291.
- BONO, E. DE (1972). *Children solve Problems*. Londres: Penguin.
- BRAÑAS, M., SÓÑORA, F., JIMÉNEZ, M.P. y GARCÍA-RODEJA, I. (1997). *Diez mil años en un centímetro: unidad curricular sobre el suelo, su formación, degradación, cuidado y restauración*. V Congreso de Investigación en Didáctica de Ciencias. Murcia, septiembre de 1997.
- BROWN, A.L. (1992). Design Experiments: theoretical and Methodological Challenges in creating complex interventions in classroom settings. *The Journal of the learning Sciences*, Vol. 2, pp. 141-178.
- BROWN, J.S., COLLINS, A. y DUGUID, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 18, pp. 32-42.
- CHAMBLISS, M., BROWN, A. y CAMPIONE, J. (1996). Designing elementary school classrooms to be communities of learners. Paper presented at the annual meeting of AERA, Nueva York, abril de 1996.
- CONNELLY, F.M. (1972). Liberal Education in Biology: an Inquiry Perspective. *American Biology Teacher*, 34(7) pp. 385-388, 391.
- CONNELLY, F.M., FINEGOLD, M., CLIPSHAM J. y WAHLSTROM, M. (1977). *Scientific Enquiry and the Teaching of Science*. The Ontario Institute for Studies in Education.
- CUNNINGHAM, C. (1996). Knowing and Teaching about Science: Teachers' sociological Understanding of Science. Paper presented at the annual meeting of NARST, St. Louis MO, abril de 1996.
- DÍAZ DE BUSTAMANTE, J. y JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M.P. (1997). *La indagación en las clases prácticas de biología: el uso del microscopio*. V Congreso Investigación en Didáctica de Ciencias. Murcia, septiembre de 1997.
- DUSCHL, R.A. (1994). Editorial Policy Statement and Introduction. *Science Education*, 78(3), pp. 203-208.
- DUSCHL, R.A. (1995a). Marcos de aplicación da Historia e da Filosofía da Ciencia para o deseño do ensino das Ciencias da Terra, en Brañas M., González M.C. y Jiménez M.P. (eds.), *Traballando coas Ciencias da Terra*. ICE, Servicio de Publicacións. Universidade de Santiago de Compostela.
- DUSCHL, R. A. (1995b). Más allá del conocimiento: los desafíos epistemológicos y sociales de la enseñanza mediante el cambio conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(1), pp. 3-14.
- DUSCHL, R.A. (1997). *Renovar la enseñanza de las ciencias. La importancia de las teorías y su desarrollo*. Narcea, Madrid. Traducción de *Restructuring Science Education*.
- DUSCHL, R.A. y GITOMER, D.H. (1996). *Project Sepia Design Principles*. Paper presented at the annual meeting of AERA, Nueva York, abril de 1996.
- EICHINGER, D., ANDERSON, C.W., PALINCSAR, A.M. y DAVID, Y. (1991). *An illustration of the roles of Content knowledge, Scientific Argument and Social norms in Collaborative Problem-solving*. Paper presented at the annual meeting of AERA. Chicago, abril de 1991.
- GIERE, R. (1988). *Explaining Science: a cognitive approach*. Chicago: University of Chicago Press.
- GIL, D., CARRASCOSA, J., FURIÓ, C. y MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. (1991). *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. Barcelona: ICE Universitat de Barcelona/Horsori.
- JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M.P., (1996). *Dubidar para Aprender. Modelos de Ensino das Ciencias e a sua fundamentación*. Vigo: Edicións Xerais.
- JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M.P, BUGALLO RODRÍGUEZ, A. y DUSCHL, R. (1997). *Argument in High School Genetics*. Paper presented at the NARST meeting, Chicago.
- JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M.P. y DÍAZ BUSTAMANTE, J. (1997). *Plant, animal or thief? Solving problems under the microscope*. Paper presented at the European Science Education Research Association (ESERA) Conference, Roma.
- KELLY, G.J. y CRAWFORD, T. (1996). *Looking for science in the everyday life of a classroom*. Paper presented at the annual meeting of NARST, St. Louis, MO, abril de 1996.
- KELLY, G.J., DRUCKER, S. y CHEN, K. (1996). *Students' reasoning about electricity: combining performance assessment with argumentation analysis*. Paper presented at AERA annual meeting. Nueva York, abril de 1996.

- KUHN, D. (1993). Science as argument: Implications for teaching and learning Scientific thinking. *Science Education*, 77(3) pp. 319-337.
- KUHN, D. (1997). Constraints or Guideposts? Developmental Psychology and Science Education. *Review of Educational Research*, 67(1), pp. 141-150.
- KUHN, D., GARCÍA-MILÁ, M., ZOHAR, A. y ANDERSEN, C. (1995). *Strategies of Knowledge Acquisition*. Monographs of the Society for Research in Child Development. Chicago: The University of Chicago Press.
- LATOUR, B. y WOOLGAR, S. (1995). *La vida en el laboratorio. La construcción de los hechos científicos*. Madrid: Alianza Traducción de *Laboratory life. The construction of scientific facts*. N.J. Princeton University Press, 1986.
- LEHRER, R. y SCHAUBLE, L. (1996). *The development of model-based reasoning in Mathematics and Science*. Paper presented at the annual meeting of AERA, Nueva York, abril de 1996.
- LEMKE, J. (1990). *Talking Science. Language, learning and values*. Norwood, N.J.: Ablex.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1996). *National Science Education Standards*. Washington DC: National Academy Press.
- METZ, K.E. (1995). Reassessment of Developmental Constraints on Children's Science Instruction. *Review of Educational Research*, 65(2), pp. 93-127.
- METZ, K.E. (1997). On the Complex Relation between Cognitive developmental research and Children's Science Curricula. *Review of Educational Research*, 67(1), pp. 151-163.
- OSBORNE, R. y FREYBERG, P. (1991). *El aprendizaje de las ciencias. Implicaciones de la ciencia de los alumnos*. Madrid: Narcea.
- PONTECORVO, C. y GIRARDET, H. (1993). Arguing and reasoning in Understanding Historical Topics. *Cognition and Instruction*, 11(3-4), pp. 365-395.
- POZO, J.I. (1987) *Aprendizaje de la ciencia y pensamiento causal*. Madrid: Visor.
- TOULMIN, S. (1958). *The uses of Argument*. Nueva York: Cambridge University Press.